



16, 17 e 18 de setembro de 2014  
Hotel Maksoud Plaza  
São Paulo – SP

# **AVALIAÇÃO DE DADOS DE QUALIDADE DA ÁGUA DE BACIAS HIDROGRÁFICAS EMPREGANDO ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS**

**Nícolas Reinaldo Finkler<sup>1</sup>; Taison Anderson Bortolin<sup>2</sup>; Vania Elisabete Schneider<sup>2</sup>.**

1 Universidade de Caxias do Sul – RS, nrinkler@ucs.br; 2 Universidade de Caxias do Sul – RS.

## **ASSESSMENT OF WATER QUALITY DATA IN CATCHMENT BASINS USING PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS**

**Palavras-chave:** Gestão de recursos hídricos, qualidade da água, análise de componentes principais.

**Key-words:** Water resources management, water quality, principal component analysis.

### **1. INTRODUÇÃO**

Frequentemente, a avaliação de variações espaciais da qualidade das águas dos rios se dá pela medição de múltiplos parâmetros em diferentes estações de monitoramento de forma periódica (FAN et al., 2010). Os resultados obtidos a partir dessa técnica geram uma matriz complexa de difícil interpretação. Em razão disso, buscam-se formas alternativas na geração de resultados enxutos, de fácil compreensão e fidedignos com a realidade da bacia analisada.

Análise de componentes principais (ACP) tem sido amplamente utilizada para interpretar os dados de qualidade de água na identificação de possíveis fatores que influenciam os corpos hídricos e constituem uma ferramenta confiável para o gerenciamento dos recursos hídricos (RODRIGUES et al., 2009).

Neste estudo, a ACP será utilizada para a identificação de fatores que influenciam na determinação da qualidade de água nas bacias hidrográficas do município de Caxias do Sul – RS.

### **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

O programa de monitoramento da qualidade da água do município de Caxias do Sul compreende 6 bacias hidrográficas e está dividido em três períodos de monitoramento. A fase 1 compreendeu janeiro de 2009 a janeiro de 2010, teve amostragem mensal e 12 pontos considerados. A fase 2 iniciou em março de 2011 e finalizou em fevereiro de 2012 e considerou 15 pontos amostrados bimestralmente. A fase 3, iniciada em setembro de 2012 e finalizada em janeiro de 2014, amostrou 30 pontos com periodicidade bimestral.

A aplicação da ACP envolve cinco passos principais: (i) a padronização dos valores utilizando média zero e variância 1, para assegurar que os mesmos possuirão pesos iguais na análise, (Equação 1); (ii) cálculo da matriz de correlações  $R$  ou matriz de co-variância  $\Sigma$ ; (iii) determinação dos autovetores  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_p$  e seus correspondentes autovalores  $a_1, a_2, \dots, a_p$  (Equação 2); (iv) descarte de componentes que fazem parte de uma pequena proporção na variância de dados; e (v) desenvolvimento da matriz de cargas fatoriais com aplicação ou não de métodos de rotação de variáveis à matriz, visando à diminuição do número de Componentes Principais (CP).

$$Z_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{s(x_j)}, \text{ sendo } i = 1, 2, \dots, n \text{ e } j = 1, 2, \dots, p \quad (1)$$

$$|R - \lambda| = 0 \quad \text{ou} \quad \det[R - \lambda] = 0 \quad (2)$$

O critério de seleção dos CP consiste em incluir somente os componentes com autovalores superiores a 1 (KAISER, 1960 apud MARDIA et al., 1979) e que consigam sintetizar uma variância acumulada em torno de 70% do total. Ainda, procedeu-se à estandardização das variáveis através do método Z-score, bem como a rotação VARIMAX para que os resultados fossem apresentados com maior coerência.

Liu *et al.* (2003) classifica em valores as cargas fatoriais correspondentes à composição absoluta dos CP como relevante ( $>0,75$ ), médio ( $>0,50$  e  $<0,75$ ) e irrelevante ( $<0,50$ ). Neste estudo, como se tratam de dados de qualidade de água, os quais apresentam grande variabilidade, utilizou-se para a definição dos CP, cargas superiores a 0,50.

A aplicação da ACP depende de dois testes que devem ser realizados previamente, confirmando se a técnica se adequa aos dados: teste de KMO e teste de Bartlett. O teste de KMO avalia a adequação dos dados para a utilização da ACP, verificando a medida de correlação da matriz como um todo, isto é, a correlação entre as variáveis independentes. Por sua vez, o teste de esfericidade de Bartlett também verifica a adequação dos dados para aplicação da ACP, indicando que não há correlação entre eles.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O teste de Bartlett apresentou p-valor igual à zero. O teste KMO apresentou índice igual a 0,706. Tais resultados indicam, portanto, que a aplicação da ACP apresenta-se viável à amostra. Por sua vez, a ACP revelou a existência de 6 CP, sendo que a variância total alcançou 73,78% para os dados de qualidade de água nas três fases de monitoramento (Tabela 1).

Tabela 1. Pontuação dos autovetores para a ACP.

Componente	Autovalores iniciais			Autovalores rotacionados		
	Total	% Variância	% Acumulada	Total	% Variância	% Acumulada
1	6,112	33,958	33,958	5,545	30,804	30,804
2	2,079	11,548	45,506	2,154	11,965	42,770
3	1,630	9,057	54,563	1,597	8,870	51,640
4	1,323	7,347	61,910	1,549	8,604	60,244
5	1,116	6,198	68,108	1,295	7,195	67,439
6	1,021	5,674	73,782	1,142	6,343	73,782

A distribuição das cargas fatoriais e correlações dos CP com as variáveis rotacionadas são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Cargas fatoriais com rotação das variáveis para os CP encontrados.

Parâmetro	Componente Principal					
	1	2	3	4	5	6
Condutividade	<b>0,959</b>	0,056	0,067	-0,004	0,009	-0,076
Nitrogênio total Kjeldahl	<b>0,954</b>	0,065	0,108	-0,037	0,025	-0,113
Nitrogênio amoniacal	<b>0,918</b>	0,007	0,121	-0,073	-0,013	-0,162
Fósforo total	<b>0,866</b>	0,239	-0,08	0,019	-0,036	0,087
DBO	<b>0,776</b>	0,232	-0,097	0,142	0,088	0,206
Coliformes termotolerantes	<b>0,648</b>	0,079	0,089	0,283	0,331	0,226
DQO	<b>0,621</b>	<b>0,646</b>	-0,013	0,231	0,033	0,102
Alumínio	0,013	<b>0,894</b>	0,059	0,258	-0,072	0,016
Chumbo	0,176	<b>0,734</b>	-0,202	-0,297	0,131	0,066
Níquel	0,002	-0,036	<b>0,844</b>	-0,038	0,137	-0,126
pH	0,459	0,003	<b>0,536</b>	0,118	-0,386	0,154
Cromo	0,080	0,003	0,048	<b>0,836</b>	0,070	-0,074
Zinco	0,193	0,324	-0,134	<b>0,506</b>	0,036	-0,423
Cianeto	0,037	-0,023	0,076	0,087	<b>0,821</b>	0,148
Fenol	0,188	0,183	-0,050	-0,171	0,123	<b>0,674</b>
Oxigênio Dissolvido	-0,453	-0,206	0,480	0,186	-0,438	0,113
Sólidos totais	0,198	0,300	0,210	-0,089	-0,143	-0,335
Temperatura água	0,383	0,032	0,442	-0,428	0,278	-0,395

A análise dos componentes gerados com a ACP sugere que a variação da qualidade das águas do município de decorre, em grande parte, dos despejos de efluentes domésticos sem o devido tratamento. Compõem o CP1 os parâmetros Condutividade, Nitrogênio Total Kjeldahl, Nitrogênio amoniacal, Fósforo total, DBO, Coliformes termotolerantes e DQO, que correspondem a 30,80% da variação dos dados e que estão estritamente relacionados com a poluição doméstica.

Os CP2, CP3 e CP4, correspondentes a 29,44% da variação total, receberam como maiores pesos os metais utilizados no ramo galvanotécnico, atividade mais representativa na região, as quais utilizam compostos metálicos em seu processo produtivo, principalmente no revestimento de estruturas. Ainda, observou-se a presença dos parâmetros DQO compondo o CP2 e pH referente ao CP3, o qual sugere que existe uma correlação entre DQO, pH e a presença destes metais na determinação da qualidade de água nos cursos hídricos do município.



Os CP5 e CP6, compostos pelos parâmetros Cianeto e Fenol, respectivamente, indicam que atividades industriais como a siderurgia, fabricação de plásticos e componentes elétricos, bem como a alimentícia, influenciam na determinação da qualidade da água no município. É válido ressaltar a toxicidade que estes componentes apresentam aos ecossistemas aquáticos, sendo importante a implantação de sistemas de controle para tais elementos.

#### **4. CONCLUSÕES**

No estudo realizado, a ACP identificou que os principais parâmetros que interferem na variação da qualidade da água nas bacias urbanas de Caxias do Sul estão associados às atividades antrópicas desenvolvidas. Os parâmetros indicadores de matéria orgânica e nutrientes compõem o componente que explica em maior porcentagem (30,80%) a variância dos dados de qualidade.

O lançamento de efluentes industriais sem tratamento oriundos de atividades galvanotécnicas sugeriu uma variação de 29,4% dos dados de qualidade de água no município. Estas atividades mostram-se como as mais representativas na região, pesando sua importância na toxicidade fornecida aos corpos hídricos. Ainda, a pressão de outras atividades industriais representa 13,53% da variação total da qualidade de água nas bacias analisadas.

Os resultados obtidos mostraram-se coerentes com a realidade encontrada no município. Embora algumas estações de tratamento de esgoto tenham sido implantadas em algumas microbacias, a rede coletora conduz às estações apenas um percentual reduzido do esgoto gerado. Simultaneamente, o lançamento de efluentes industriais na rede coletora de esgotos ou diretamente nos cursos d'água sem tratamento prévio, contribui para que se observe o nível de qualidade da água constatado no estudo.

#### **REFERÊNCIAS**

LIU, S.; MANSON, J.E.; STAMPFER, M.J.; HU, F.B.; GIOVANNUCCI, E.; COLDITZ, G.A.; HENNEKENS, C.H.; WILLETT, W.C. A prospective study of whole-grain intake and risk of type 2 diabetes mellitus in US women. *Am J Public Health*, v.90, p.1409-1415, 2003.

MARDIA, K. V.; KENT, J. T.; BIBBY, J. *Multivariate analysis*. London: Academic, 1979.

RODRIGUES, P.M.S.M.; RODRIGUES, R.M.M.; COSTA, B.H.F.; MARTINS, A.L.T.; SILVA, J.C.G.E. da. *Multivariate analysis of the water quality variation in the Serra da Estrela (Portugal) Natural Park as a consequence of road deicing with salt. Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, v.102, p.130-135, 2010.